

LIEBIG

Dévelop. des Idées

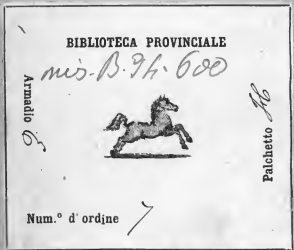
E

7.
lea

VITTORIO EM. III

I

Conservatoir. de l'Industrie, 1870



8. h. 7.

19827





LE

DÉVELOPPEMENT DES IDÉES

DANS LES SCIENCES NATURELLES



Extrait de la Revue des cours scientifiques.



Paris. — Imprimerie de E. MARTINET, rue Mignon, 2.

LE
DÉVELOPPEMENT DES IDÉES
DANS
LES SCIENCES NATURELLES

ÉTUDES PHILOSOPHIQUES

PAR

J. DE LIEBIG

Président de l'Académie des sciences de Munich,
Membre associé de l'Institut de France; etc.



PARIS
LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE
RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 17

1867





LE

DÉVELOPPEMENT DES IDÉES

DANS LES SCIENCES NATURELLES

L'histoire des sciences naturelles nous apprend que la connaissance que nous avons des choses et des phénomènes de la nature a son point de départ dans les besoins matériels et intellectuels de l'homme.

La nature a refusé à l'homme les moyens de résister aux influences pernicieuses du dehors, qui sans cesse mettent en danger son existence. C'est donc avant tout la pression exercée sur lui par le monde extérieur qui appelle ses forces intellectuelles pour combattre ce monde.

Tout ce qu'il lui faut pour se protéger contre le climat, la température et ses autres ennemis, pour se procurer sa nourriture et pour rétablir sa santé, il l'arrache à la nature. C'est en luttant ainsi qu'il fait la connaissance d'une infinité de choses, de leurs propriétés et des qualités qui les rendent propres à son but.

Dans un autre discours (1), j'ai déjà eu l'occasion d'appeler l'attention de mon auditoire sur le pouvoir particulier de l'imagination d'établir des rapports entre les diverses images que les sensations éveillent en elle, et d'y rattacher des conclusions qui ont entre elles une connexion semblable à celle qui existe entre les conceptions abstraites qui dirigent les combinaisons de l'intelligence; avec cette différence toutefois que les conclusions de l'imagination sont à leur tour des images.

(1) Discours sur l'induction et la déduction.

Les sensations sont pour l'imagination ce que le mot, comme signe d'une idée, est pour l'esprit. Le mot de goudron ne produira aucune impression sur l'imagination de la plupart des hommes, tandis que l'odeur du goudron éveillera aussitôt l'image d'un vaisseau ou d'un port que nous avons vu dans un passé lointain.

L'agriculteur, le pâtre, le chasseur, sont en rapport direct avec la nature. L'agriculteur apprend par une simple perception des sens de quelle manière le soleil et la pluie agissent sur la croissance de ses plantes; il observe la germination de la graine, son développement, sa floraison, sa fructification. De même, le pâtre recueille un grand nombre d'expériences sur la nutrition et la propagation des animaux qu'il garde; il devient familier avec leurs maladies; ce sont eux encore qui lui apprennent à distinguer les plantes nutritives des plantes vénéneuses. Le ciel étoilé lui sert de montre; il s'instruit sur le mouvement des astres et la corrélation de leur évolution avec celle des saisons. Le prêtre, en découplant les animaux destinés au sacrifice, acquiert la connaissance des parties intérieures de leur corps et des rapports qu'elles ont entre elles; et c'est d'un grand nombre de faits semblables que celui qui les observe conclut à l'existence d'autres faits. Le berger cherche des herbes médicinales pour guérir ses bêtes, et il les emploie ensuite chez l'homme. Le sacrificateur observe les altérations opérées dans les organes des animaux par des maladies, et il en tire des conclusions sur la nature des maladies de l'homme. C'est ainsi que le berger devient le premier thérapeutiste et le prêtre le premier pathologue.

Les procédés qu'on emploie pour préparer le cuir, le savon, le verre, l'huile, le vin, le pain et le fromage, ont été trouvés par des conclusions semblables; ils datent de la plus haute antiquité, ainsi que l'emploi qu'on fait de la laine et des fibres végétales pour la fabrication des tissus, la teinture, les procédés dont on se sert pour l'extraction du minerai de beaucoup de métaux, tels que le cuivre, l'étain, le fer, l'or et l'argent.

La supériorité de l'homme sur l'animal consiste surtout en

son pouvoir de faire des inventions dont il se sert pour satisfaire à ses besoins. C'est la somme de ces inventions dans une nation qui en constitue la « civilisation ».

Par les inventions que font les hommes dans les métiers, les industries, la médecine, la mécanique, l'astronomie, on obtient les faits indispensables au développement ultérieur de la science ; elles nous mènent à la connaissance des phénomènes du mouvement qui se produisent au ciel et sur la surface de la terre, des parties dont se composent la terre, les animaux et les plantes, à la découverte des effets du feu et des forces de la nature. Mais cet art de l'expérimentation qui conduit aux inventions n'a qu'un but pratique et ne cherche nullement à se rendre compte ni de la nature ni de l'essence des choses et des phénomènes de la nature. Ces recherches sont en dehors de son but.

La science naturelle, au contraire, qui poursuit une tâche toute différente, tire son origine des besoins intellectuels de l'homme, du désir ardent qu'éprouve son esprit de se rendre compte du monde qui l'entoure, des choses et des phénomènes qui frappent sans cesse ses sens.

Or, au début de ces recherches, l'homme ne connaît pas encore la nature de ses sens ; il ne sait pas que la cause dernière des choses leur est inaccessible ; les sens, qui doivent lui servir de moyen pour arriver à la connaissance du monde extérieur, sont pour lui des instruments qu'il ne sait pas manier ; la nature de la lumière, du son, lui est inconnue ; il ignore si ses yeux voient les choses ou si les choses se reflètent dans ses yeux ; il ignore que la température qu'il ressent est celle de son propre corps.

L'histoire nous apprend que les idées que les hommes ont des choses et de ce qui se passe dans le monde matériel se sont formées comme celles de l'enfant, qui ne se rend compte que peu à peu de l'emploi de ses sens. Par le toucher continu et répété des objets au moyen de la main, des yeux, de la langue, l'enfant se familiarise avec leur forme, leur couleur, leurs qualités ; il apprend à distinguer les corps solides, tangibles, et qui offrent de la résistance, des corps liquides, le froid du chaud, le sec de l'humide ; et le progrès de

son développement dépend essentiellement de son pouvoir de reproduire en lui-même et sans l'aide des sens les choses qu'il a perçues. Les images gravées dans la mémoire se multiplient peu à peu, et l'esprit humain commence instinctivement à poser des questions à ses sens; il se met à comparer et découvre des ressemblances et des dissemblances; il aperçoit que dans des circonstances données le froid devient chaud, le liquide solide, le solide liquide : mais il est longtemps avant de reconnaître les propriétés de chaque chose; l'idée du mouvement se rattache à une main qui soulève, repousse et attire un objet.

C'est par des notions semblables que commencèrent les sciences naturelles.

Le progrès de leur développement s'opéra comme dans un individu, avec cette différence toutefois que ce furent les sens et l'intelligence de plusieurs qui y participèrent. Chacun touche et envisage à son point de vue les choses et ce qui se passe autour de lui; chacun découvre aux objets et aux phénomènes une face ou un profil différents, et c'est de cette manière qu'on arrive peu à peu à les connaître par tous leurs côtés. A mesure que les particularités deviennent plus distinctes, on reconnaît que les phénomènes se composent de parties et sont complexes, qu'il y a une coopération de causes qui échappent à la simple perception des sens; on perd la confiance qu'on avait dans le témoignage des sens, et l'on cherche des moyens pour les éprouver.

C'est ainsi qu'on obtient peu à peu des notions claires et déterminées des objets qui servent de matériaux aux opérations de l'esprit; à mesure que ces notions se multiplient, le nombre de leurs combinaisons ainsi que le pouvoir de l'esprit sur les sens augmentent également. Les questions que l'esprit se posait instinctivement deviennent maintenant déterminées; au lieu d'une seule, il s'en pose un certain nombre; les perceptions deviennent des observations raisonnées.

Personne n'osera prétendre que l'obstacle qui empêchait autrefois les hommes d'apercevoir les choses comme nous les apercevons aujourd'hui se soit trouvé dans leurs sens. La

cause de la différence qui existe entre notre manière d'apercevoir les phénomènes et celle d'autrefois n'est pas non plus dans le manque des faits. Sans doute, nous connaissons un plus grand nombre de faits; mais ceux qui se rapportent aux phénomènes les plus généraux, les plus fréquents, comme le feu et l'air, l'évaporation et la congélation, la vapeur et la pluie, la chaleur et le froid, ont été connus, tout aussi bien connus des hommes d'il y a mille ans que de ceux d'aujourd'hui. Personne ne croira qu'avant la découverte de l'oxygène, on ait jamais douté que l'air ne soit nécessaire à la respiration et à la combustion, ni qu'il faille un fort courant d'air pour produire un degré élevé de chaleur.

Si aujourd'hui nous comprenons mieux les choses, il n'en faut donc chercher la cause, ni dans la nature des sens, ni dans le manque de faits, ni dans la supériorité de nos facultés intellectuelles; car, en ce qui regarde celles-ci, nous considérons aujourd'hui encore comme des modèles inimitables les grands philosophes de l'antiquité qui ont cherché à expliquer l'essence des choses et des phénomènes. La cause n'en est absolument que dans le plus grand nombre d'idées que nous possédons. Or, les idées des choses, ou, ce qui est la même chose, la connaissance des choses matérielles, de leurs propriétés et de leurs effets, l'homme ne les apporte pas en naissant; il ne les acquiert que par l'expérience; elles se développent dans son esprit, à l'opposé de l'animal, dont les facultés atteignent leur développement possible sans la coopération de l'intelligence, et simplement par suite des lois de la nature qui agissent en lui.

Toutes ces idées ont leur origine dans des signes matériels ou elles en sont dérivées; or les phénomènes de la nature étant toujours complexes, leurs conditions et leurs parties étant, elles aussi, marquées par des signes invariables et susceptibles d'être déterminés, il est clair que l'idée d'une chose ou d'un phénomène doit renfermer tous ces signes.

Nous parlons du carbone comme d'un élément des plantes ou du corps animal, sans songer au diamant, au charbon de bois, au charbon de terre ou au noir de fumée; il en est de même du phosphore et de l'iode, qu'on ne rencontre nulle

part, dans la nature, dans l'état isolé. Ce sont autant d'idées abstraites qui, une fois déterminées, éveillent en nous l'idée du carbone, du phosphore, de l'iode, toutes les fois que nous en apercevons les signes distinctifs. Or les phénomènes de la nature étant liés entre eux comme les nœuds d'un filet, il résulte de l'observation de certains phénomènes qu'ils ont en commun entre eux certaines conditions qui, nous venons de le dire, sont des choses agissantes. Le nombre de ces conditions ou parties des phénomènes de la nature étant déterminé et relativement petit, on arrive, à la fin, à décomposer tous les phénomènes en idées. Telle est la tâche de la science ; son progrès dépend de la multiplication des faits. Il n'est pas cependant en proportion de leur nombre mais en proportion de la somme de matière à pensée que l'on tire des faits. Mille faits ne changent pas par eux-mêmes le point de vue de la science, tandis qu'un seul fait devenu idée l'emporte en valeur sur tous les autres réunis.

Ces observations sur le développement des idées acquises par l'expérience serviront peut-être à mieux juger que nous ne l'avons fait jusqu'à présent les différentes périodes par lesquelles a passé la connaissance des phénomènes de la nature.

L'explication d'un phénomène de la nature étant une opération logique, l'intelligence est en état de déterminer d'avance les principes, c'est-à-dire les conditions logiques, qu'il faut réunir pour comprendre ou expliquer ces phénomènes. C'est ce qu'a fait Aristote. « La voie de la philosophie, dit-il, est celle de toutes les autres sciences ; il faut d'abord recueillir des faits et prendre connaissance des choses par lesquelles ces faits se produisent ; il ne faut pas considérer à la fois tout l'ensemble des faits, mais chaque fait isolé et y rattacher ensuite les conclusions ; une fois en possession de ces faits, c'est à nous de les mettre en rapport entre eux.

» On acquiert ces faits par la perception des sens ; si ces derniers sont incomplets, la connaissance que nous leur devons le sera également.

» Ce n'est que par l'induction que nous arrivons à former des théorèmes généraux, et nous ne faisons des inductions.

qu'au moyen des perceptions des sens; car les sens se rapportent toujours au particulier. »

Tels sont les principes essentiels que le plus grand philosophe de l'antiquité nous a laissés; ils ont aujourd'hui encore la même valeur qu'ils avaient il y a deux mille ans. Or, en comparant ses définitions de la nature avec celles de tous les savants qui se sont succédé jusqu'à nos jours, on trouvera que de tout temps on a été d'avis que les idées correspondaient aux faits. En effet, les explications sont toujours conformes aux lois de la logique, mais les dernières sont toujours en contradiction avec les précédentes. Ce qu'on croyait être juste à un certain moment est reconnu faux plus tard, et c'est de cette manière que les dernières explications détruisent toujours celles qui précèdent, et ainsi de suite pendant des siècles. Il ressort de là que l'exactitude des explications ne dépend pas uniquement des principes de la logique.

En considérant, au contraire, les notions empiriques d'Aristote et celles des savants qui lui succédèrent, nous reconnaitrons aussitôt pourquoi l'intelligence la plus développée et la logique la plus pénétrante ne suffisent pas pour donner à elles seules des explications exactes. Cette explication dépend, en effet, du contenu des idées acquises par l'expérience.

Les faits renfermés dans une idée sont d'abord indéterminés, leur nombre et leur étendue sont inconnus; d'où il suit que les premières explications ne peuvent être ni déterminées ni limitées, et qu'elles doivent nécessairement se modifier à mesure que les faits connus sont mieux expliqués, et que des faits inconnus, qui entrent dans la composition d'une idée, se révèlent et en deviennent partie intégrante. Les premières explications ne sont donc que relativement fausses, et si celles qui suivent sont plus justes, ce n'est que parce que les parties qui composent les idées des choses sont devenues plus nombreuses, plus déterminées et plus distinctes. Le développement des idées se fait par une certaine succession. Jamais une des dernières venues parmi ces idées ne peut précéder les autres dans le temps; et si cela a lieu, cette idée restera stérile et sans effet, parce que la substance lui man-

quera. C'est à l'idée antérieure que se rattache le développement de toutes celles qui suivent.

Les explications qu'ont données des phénomènes de la nature les philosophes grecs et les savants qui leur succédèrent nous révèlent l'étendue et la substance de leurs idées empiriques, et pas autre chose. C'est à ce point de vue qu'elles offrent un intérêt tout particulier pour l'histoire du développement des idées dans les sciences naturelles, car nous y reconnaissons les rudiments du système de nos idées.

Aristote distingue le solide du liquide et de l'aériforme ; tous les corps solides sont pour lui des variantes d'un solide ; les corps transparents et l'eau ont quelque chose de commun entre eux : mais le langage ne suffit pas pour déterminer les autres différences qui se trouvent dans la forme, dans la couleur, dans la dureté des choses ; l'usage qu'on peut en faire, leurs effets, voilà tout ce qu'on est capable de déterminer. Une pierre blanche exposée à l'influence du feu fournit de la chaux ; une autre pierre blanche, en se fondant, se transforme en verre ; une pierre rouge fournit du fer, une autre pierre rouge du mercure, une pierre grise de l'étain, une pierre noire du plomb. « L'essence des choses », dit Aristote, « est dans la forme. » *Voilà la première idée de l'analyse chimique.*

« L'expérience de tous les jours montre que les corps solides ne peuvent se tenir dans l'air ou dans l'espace sans être soutenus par quelque chose ; mais les étoiles étant derrière la lune, et la lune étant plus près de la terre que le soleil, il faut donc que ces astres soient attachés par des anneaux ou des écorces de sphère transparentes qui tournent avec eux autour de la terre. » — « La chute dans l'air libre d'une pierre augmente de vitesse à mesure que la pierre s'approche de la terre ; les sens et l'intelligence sont complètement incapables de reconnaître que la terre est pour quelque chose dans la chute ; il est bien clair que la pierre a la tendance de revenir à la place que la nature lui a assignée. » *Voilà le commencement de l'idée de la pesanteur ou d'une force attractive.*

Ces notions des Grecs étaient parfaitement d'accord avec leur expérience et justes en tant qu'ils ne pouvaient en avoir

d'autres. La notion de temps, qui fait partie de l'idée complexe de la vitesse, ne fut développée et reconnue comme partie intégrante de cette idée que quinze cents ans après Aristote. Les Grecs ne possédaient ni montres ni chronomètres pour mesurer des intervalles minimes de temps.

Au début des sciences naturelles, on prend pour simples les phénomènes complexes de la pluie, de l'arc-en-ciel, de la combustion et de la respiration; il n'en pouvait être autrement, puisque leurs parties n'étaient pas connues. Plus tard, on découvre que la pluie est précédée de la formation de nuages, que l'arc-en-ciel ne se forme pas sans le soleil, que sans l'air la combustion et la respiration ne peuvent avoir lieu. La partie du phénomène qui a été observée la dernière est toujours considérée comme la cause du phénomène, le soleil comme la cause de l'arc-en-ciel, l'air comme la cause de la combustion et de la respiration, tout comme on croit le cours de la lune être la cause de la haute et de la basse marée.

Ainsi les recherches de Thalès sur la nature de l'eau, celles d'Anaximène sur l'air, celles d'Héraclite sur le feu, comptent parmi les plus grandes découvertes, car les expériences de ces philosophes forment la base de toutes les questions qui se rattachent aux phénomènes les plus importants produits à la surface de la terre, c'est-à-dire à la vie des animaux et à celle des hommes — questions qui n'ont pas cessé de nous préoccuper jusqu'à nos jours.

Les ingénieuses analyses de mots des philosophes grecs nous donnent des renseignements précis sur la somme des idées que renfermaient les mots dont ils se servaient pour les opérations de leur esprit. Il suffira de comparer la valeur qu'a eue dans différentes périodes un de ces mots, le mot « air », par exemple, avec celle que nous lui attribuons aujourd'hui, pour obtenir une idée précise de l'état où se trouvaient alors les idées acquises par l'expérience et de la manière dont ces idées se sont développées.

Les Grecs savaient que l'air contenu dans une vessie résiste à la pression, et qu'un verre renversé dans l'eau ne se remplit pas de ce liquide. Selon eux, l'air est une chose étendue, qui

offre de la résistance, un élément, l'élément le plus léger après le feu (c'est-à-dire la fumée qui monte dans l'air). Jusqu'au commencement du xvi^e siècle, on considérait l'air comme étant altérable dans l'eau ; — au milieu du xvi^e siècle, on le croyait inaltérable dans l'eau ; on découvrit qu'il contenait de l'eau en forme de gaz ; — en 1630, on trouva qu'il était pesant, c'est-à-dire une chose qu'on peut peser ; — en 1643, qu'il était une chose qui pesait de tout son poids sur tous les corps à la surface de la terre ; — en 1647, que les parties invisibles de l'air exerçaient entre elles une pression réciproque et qu'elles étaient élastiques (de là la densité plus grande des couches inférieures de l'air) ; — en 1660, que l'on pouvait produire artificiellement, par des procédés chimiques, des gaz qui sont élastiques comme l'air ordinaire ; — en 1727, que ces gaz se trouvaient aussi dans les plantes, dans les matières animales, dans les pierres et dans la chaux (*calcium*), — que ce n'étaient pas des produits, mais des parties de corps, les uns combustibles, les autres propres à étouffer le feu ; — en 1774, que placés dans un de ces gaz, les corps allumés brûlaient d'une flamme plus vive que dans l'air ordinaire ; — en 1775, que la partie principale de l'air se compose d'un mélange de deux gaz dont l'un entretient la combustion, tandis que l'autre ne l'entretient pas, et qu'il renferme en dehors de ces gaz une quantité variable de vapeur d'eau ; — vers la fin du xviii^e siècle, qu'il contenait en plus de l'acide carbonique, — au xix^e siècle, qu'il contenait de l'ammoniaque et de l'acide nitrique, — et en dernier lieu, qu'il était rempli de spores (germes) de champignons de toutes sortes.

Le point de vue que nous occupons par rapport à l'idée de l'air a donc été obtenu par le travail de centaines d'hommes les plus éminents, pendant une période de deux mille ans, par une extension, une épuration, une limitation incessantes de la première idée ; et c'est là qu'il faut chercher la cause de la différence qui existe entre nos idées des choses et celles d'autrefois. J'aurai plus tard l'occasion de démontrer que la découverte des faits qui sont venus se joindre à « l'idée de l'air » qui en ont augmenté et précisé la valeur, avait été pré-

cédée de « l'idée » des faits; autrement dit, que les faits ont été pensés d'abord et découverts ensuite.

Il est facile à voir que la plupart de nos idées de philosophie et surtout de jurisprudence ont été trouvées et développées de la même manière, et que les idées que renferme aujourd'hui le mot « État » ou « Église » a une tout autre valeur qu'elles n'en avaient il y a cent ans. « L'idée de Dieu » se transforme et se développe avec l'idée de la « force ».

Chacune de nos idées actuelles est le résultat du temps, d'un travail, et d'efforts intellectuels immenses; et si nos spéculations sont moins hardies que celles des Grecs, c'est justement leur exemple qui nous a montré que le plus haut élan de l'imagination, la logique la plus pénétrante, ne sauraient changer notre point de vue, qu'ils n'ont aucune influence sur le progrès régulier du développement des idées empiriques.

Euclide, cet esprit mathématique si puissant, croyait qu'on voyait au moyen de rayons visuels qui sortent des yeux; et Descartes, un des plus grands penseurs de tous les siècles, ne pouvait s'élever à l'idée d'une force attractive.

C'est une opinion très-généralement répandue, que de croire qu'il y a une lacune entre les sciences naturelles des Grecs et celles des temps modernes jusqu'au xv^e siècle, et les historiens aiment à nous représenter le moyen âge comme une période de stagnation, et le xv^e siècle comme la période de la renaissance des sciences.

Pour ce qui est de l'Europe cependant, cette opinion n'est que relativement juste; elle ne s'applique point aux parties occidentales, pour l'Allemagne, l'Angleterre et la France d'aujourd'hui, où la civilisation grecque et romaine ne pouvait s'éteindre au moyen âge, parce qu'elle n'y est entrée que beaucoup plus tard. Il ne faut pas oublier qu'à l'époque où florissaient les Académies d'Athènes, l'Europe occidentale était habitée par des peuplades à moitié sauvages, qui se couvraient de peaux; que sous Charlemagne, la plupart des dignitaires et des puissants barons de l'empire ne savaient pas écrire leur nom; qu'au xiii^e siècle encore, Rome était le centre de la traite des esclaves chrétiens; qu'à Lyon et dans les

ville situées sur les côtes de la mer Baltique et de la mer du Nord, se trouvaient des marchés d'esclaves très-importants.

Les efforts du grand empereur pour faciliter la culture intellectuelle d'un clergé brutal et ignorant, en créant des écoles, ne pouvaient pas avoir de résultat, parce que le sol sur lequel se développe la culture intellectuelle n'avait pas encore été préparé par la civilisation matérielle (1). Le développement de la culture, c'est-à-dire l'agrandissement du domaine intellectuel des hommes, dépend de la multiplication des inventions que font les peuples et qui constituent le progrès de leur civilisation ; car c'est par elles qu'on arrache à la nature de nouveaux faits indispensables pour l'augmentation des idées empiriques ou de la matière pensable de l'homme.

Le développement de la science, qui est l'enfant de la culture intellectuelle, suppose encore d'autres conditions ; il dépend de la création d'une classe d'hommes qui emploient toutes leurs forces exclusivement à la culture du domaine intellectuel. Or, les résultats du travail de ces hommes n'étant pas des produits qu'on puisse porter au marché comme une marchandise pour acquérir en échange des moyens de subsistance, une telle classe ne peut pas se former avant qu'il se soit accumulé parmi les populations un excédant de richesses dont ceux qui les possèdent n'ont plus besoin pour satisfaire à leurs besoins matériels. C'est alors seulement, quand cet état de choses se déclare, que les besoins intellectuels des hommes se font sentir, et que la classe opulente de la société commence à échanger ses richesses contre les moyens nécessaires à la culture de l'esprit.

Il existait, au moyen âge, un commerce continu entre l'empire byzantin et l'Italie, et aucun obstacle n'empêchait l'érudition byzantine de se répandre. Si néanmoins elle ne se communiqua pas aux pays occidentaux avant le xiv^e siècle, ce fut parce que les classes intelligentes ne s'y étaient pas encore formées, et qu'avec elles manquaient les conditions

(1) M. de Liebig distingue entre culture et civilisation : la première est pour lui morale et intellectuelle, la seconde matérielle.

nécessaires pour cultiver et développer cette érudition : il est clair que la civilisation grecque n'a pu se développer dans l'Europe occidentale qu'au fur et à mesure que la civilisation des populations s'approchait de celle de l'antiquité grecque.

Il serait facile à prouver que depuis la décadence des États de l'ancienne Grèce, la civilisation matérielle des peuples européens est toujours allée croissant, et que des circonstances particulières, dont je parlerai tout à l'heure, arrêterent seules pendant quelque temps son influence sur le progrès de la culture intellectuelle, qui n'en est que le corollaire spirituel; de là une lacune apparente.

Pour montrer quelle part les inventions ont au développement des notions et des idées dans les sciences naturelles, il suffit de rappeler, par exemple, que la notion vraie du mouvement de la terre et des planètes est due à l'invention du télescope, comme, d'ailleurs, tous les progrès de l'astronomie dépendaient du perfectionnement des instruments optiques. L'invention du télescope fut précédée de celle du verre achromatique. Le progrès dans le perfectionnement des instruments optiques dépendait de l'invention du flint-glass et de la lentille achromatique que Newton croyait impossible. Avec l'instrument de Galilée, on n'aurait jamais découvert Uranus et les satellites de Saturne. Copernic ne prétendait pas que son opinion fût « vraie », mais plus « simple » et « plus belle » que les autres, tout comme les idées que se fait un psychologue du « bon » et du « beau » n'ont pas pour nous la vérité mathématique de $2 \times 2 = 4$, et nous paraissent seulement « convenables, profondes ou complètes ».

L'analyse chimique a son origine dans la docimasie des métaux, la chimie minérale dans la pharmacologie et dans les industries techniques et chimiques, la chimie organique dans la médecine.

La science de la chaleur s'est élargie par les machines à vapeur, la science de la lumière par la photographie.

L'astronomie, chez les Grecs, était arrivée au plus haut degré de développement qu'il leur était possible d'atteindre, au moyen d'un seul et simple sens; ils découvrirent la loi de la réflexion de la lumière, les lois arithmétiques des sons, le

centre de gravité, la loi du levier et celle de la pression hydrostatique, et tout ce qu'à l'aide des mathématiques on put tirer de ces lois et des observations d'astronomie. Mais leurs progrès n'allèrent pas plus loin, parce qu'ils étaient arrêtés par le degré de leur civilisation.

Une industrie très-étendue et très-développée fut la source du commerce, de l'opulence et de la puissance des États grecs, à l'époque de leur plus grande prospérité. Corinthe fournissait ce que nous appellerions les marchandises de Birmingham et de Shofield; Athènes était le centre des fabrications qu'on trouve à Leeds, Staffordshire et Londres (tissus de laine, tenniserie, marchandises d'argile, objets d'orfèvrerie et d'argenterie, et construction des vaisseaux). Les citoyens étaient de grands fabricants, des armateurs et des négociants qui avaient leurs factoreries et comptoirs sur toutes les côtes de la mer Noire et de la Méditerranée; les hommes de science étaient des fils de bourgeois, les métiers de l'industrie et du commerce leur étaient familiers. Socrate était tailleur de pierre, Aristote pharmacien (préparateur de médicaments et médecin); Platon et Solon n'étaient pas étrangers au commerce. Dans l'ancienne Grèce, le savant parlait et écrivait la même langue que l'industriel; ce dernier possédait le même degré de culture intellectuelle que le philosophe, ils ne différaient que par le genre de leurs connaissances; des institutions démocratiques établissaient entre eux un commerce personnel et intime. Les 38 chapitres des « Problèmes » ne paraissent être autre chose en effet que des questions d'industriels, d'artistes, de musiciens, d'architectes, d'ingénieurs, qu'Aristote cherchait à résoudre aussi bien que ses notions empiriques le lui permettaient.

Aucun pays de l'antiquité ne réunissait dans son état social, dans l'intime alliance entre la classe productive et la classe intellectuelle, les conditions nécessaires à la naissance des sciences, comme la Grèce jusqu'à Périclès. Mais la Grèce était un État à esclaves, et l'esclavage fut la cause qui retint la civilisation grecque dans certaines limites infranchissables.

Tous les produits des fabriques grecques étaient en effet obtenus par le travail des esclaves. A l'époque de la plus grande

prospérité d'Athènes, on comptait 2000 esclaves sur 100 citoyens : ce nombre donne une idée du grand degré de développement où se trouvait alors l'industrie d'Athènes. Il est évident qu'un industriel, un artisan, par exemple, ne peut pas produire par son travail isolé plus de valeur qu'il ne lui en faut pour se procurer les moyens de subsistance les plus indispensables pour lui et sa famille; il faut qu'il puisse disposer à volonté de plus de vingt hommes s'il veut obtenir un excédant de production qui soit assez grand pour satisfaire aux besoins d'une partie de la population du pays qu'il habite; et les industriels réunis du pays doivent produire un bien plus grand excédant encore pour faire de leurs produits des articles d'exportation. Il en est ainsi dans tous les États commerçants et industriels, et le même état de choses existait en Grèce, car l'accumulation de métaux précieux dans ce pays n'était pas due à l'extraction des mines, mais à l'échange des produits de l'industrie grecque contre l'or et l'argent d'autres pays, dont les populations attachaient une plus grande valeur à ces produits qu'à leur or et à leur argent.

Le développement de la civilisation grecque dépendait essentiellement de la transformation de l'État à esclaves en État libre; or, l'État libre est impossible sans l'utilisation des forces de la nature au moyen d'instruments compliqués qui remplacent le travail des esclaves. Il est clair que l'invention d'une machine qui transforme une force physique donnée, la pression de l'eau, par exemple, en force productive, et qui remplace le travail de vingt hommes, peut enrichir son inventeur et rendre la liberté aux esclaves. L'introduction des machines a pour conséquence naturelle la multiplication de la classe productive, celle du nombre des inventeurs et une plus grande extension de l'industrie dans le pays. Mais il est pour ainsi dire impossible, dans un État à esclaves, d'utiliser les forces physiques ou de remplacer par des machines le travail des esclaves, car dans ces États les revenus et les richesses des classes opulentes sont fondés sur l'esclave, et chaque citoyen croit sa fortune menacée par l'introduction des machines. Si ces citoyens sont puissants dans l'État, comme cela a eu lieu en Grèce, le gou-

vernement et le peuple se réunissent pour rendre permanent l'état présent, c'est-à-dire l'esclavage, les gouvernements dans l'intention, sage en apparence, d'assurer l'existence aux classes des ouvriers.

L'homme libre seul, et non l'esclave, éprouve en lui le désir ou l'intérêt de perfectionner les instruments et d'en inventer de nouveaux, et c'est ainsi que les ouvriers qui montent une machine compliquée ont ordinairement coopéré à l'invention. Le gouvernail et le régulateur, qui comptent parmi les parties les plus importantes des machines à vapeur, ont été inventés par des ouvriers. On ne saurait imaginer un perfectionnement de la méthode d'exploitation et de fabrication par des esclaves, qui ne sont que des machines de travail.

La liberté, c'est-à-dire l'affranchissement de tous les liens qui empêchent l'homme d'employer les forces que Dieu lui a accordées, la liberté est la base et la condition la plus importante du progrès de la civilisation matérielle et intellectuelle du genre humain.

Un coup d'œil jeté sur la Chine suffira pour faire comprendre l'influence que peut exercer sur un peuple intelligent la seule exclusion des agents physiques nécessaires pour faire accomplir par des machines le travail des hommes ; c'est cette circonstance qui, depuis 2000 ans, en a rendu stationnaire la haute civilisation. En Angleterre, et surtout dans les États-Unis d'Amérique, où des institutions et des lois vieilles, nées de l'ignorance, n'arrêtent pas le libre emploi des forces de l'homme, nous voyons, au contraire, la puissance, la richesse, la civilisation, aller croissant, et l'on ne peut guère douter qu'il ne se trouve dans les populations des États libres de l'Amérique du Nord toutes les conditions nécessaires pour arriver au plus haut degré de civilisation intellectuelle et matérielle que l'homme puisse atteindre.

Un État moderne sans liberté industrielle, où l'exploitation et l'extension d'une entreprise industrielle ou commerciale dépend de la volonté de fonctionnaires ignorants, où l'homme libre se voit empêché de choisir l'endroit qui lui paraît le plus convenable pour l'utilisation de ses forces, où la conclusion d'un mariage exige la permission préalable des

maîtres, — un tel État n'est que l'ancien État à esclaves, où le noyau de la population reste pauvre et insensible à toute culture morale et intellectuelle, et où la richesse et la puissance ne sont qu'un vernis trompeur, qu'un léger frottement enlève.

Si l'on veut se rendre compte de l'influence de la richesse sur l'intelligence de la classe productive, on n'a qu'à voir ce qui se passe dans les États dont le commerce a sa source dans l'industrie.

Les fils des industriels ou négociants opulents se détournent du métier de leurs pères, source de leur richesse. Leur but n'est plus de gagner de l'argent, ils en possèdent en abondance, mais d'acquérir des honneurs, de la considération; ils se vouent aux sciences, au service de l'État, à la carrière militaire, aux fonctions ecclésiastiques: et c'est ainsi que de la classe productive naît la classe intellectuelle (1).

Dans l'Europe moderne, une fabrique ne se transmet pas à la troisième génération; de même la plupart des maisons de commerce passent dès la seconde génération dans des mains étrangères. C'est sur cet état de choses que, dans un pays libre, reposent le renouvellement de toute la population industrielle à chaque nouvelle génération, et la régénération constante de l'industrie: l'industriel enrichi cède la place à l'homme pauvre, qui, plein d'activité, fait de nouvelles inventions; de cette manière s'établit dans l'État un mouvement de circulation qui en augmente sans cesse la puissance et les richesses.

Il n'en était pas ainsi de la Grèce; là comme partout ailleurs, c'était la richesse qui donnait naissance à la classe intellectuelle de la société, dont la subsistance doit être assurée par la classe productive. Mais cette dernière ne se renouvelait et ne se rajeunissait pas en Grèce. L'homme libre qui n'avait pas de fortune était obligé d'émigrer; peut-être aurait-il été capable d'inventer une machine, mais il ne pouvait pas inventer des esclaves, et sans esclaves il lui était impossible de

(1) Nous conservons cette expression de M. de Liebig, bien qu'elle ne soit pas tout à fait française, afin d'éviter le malentendu qui naîtrait par l'emploi de l'adjectif « intelligent ».

gagner par l'industrie des richesses dans sa patrie ; la carrière du commerce seule restait ouverte à une petite minorité.

Dès que l'État n'eut plus ce mouvement de circulation qui entretient l'industrie et la force productive dans un peuple, et qui est une des conditions de son progrès, la Grèce fut arrivée à la limite de sa civilisation matérielle et morale. Le peuple enrichi ne produisit plus d'inventions, et, en l'absence de nouveaux faits arrachés à la nature, tarissait la source des idées acquises par l'expérience, qui sont indispensables à l'accroissement du domaine intellectuel, c'est-à-dire à la culture de l'esprit. Le commerce des produits du pays se transforma nécessairement avec le temps, et le commerce des produits étrangers prit sa place. Grâce à cette circonstance, on put conserver pour quelque temps encore les fonds accumulés ; mais le nerf vital de l'État à esclaves était desséché depuis des siècles déjà, lorsque sa décadence commença à se manifester par des signes extérieurs.

L'empire romain et les Arabes répandirent la civilisation grecque sur tous les pays de l'Europe, et le développement croissant de cette civilisation se manifeste à travers tout le moyen âge par l'augmentation des inventions. Vers la fin du ^{xv}^e siècle, nous trouvons déjà une algèbre et une trigonométrie toutes développées, le système décimal appliqué au calcul, le calendrier réformé, et une complète révolution préparée dans le domaine de la médecine. Nous remarquons des progrès admirables dans l'exploitation des mines, dans les procédés qu'on emploie aux forges, dans l'art de teindre, dans l'art de tisser, dans le tannage, dans la fabrication du verre, dans le génie et l'architecture, et surtout dans le domaine de la chimie. On inventa le papier, le télescope, les armes à feu, les montres, le tricot aux aiguilles, les fourchettes, les fers à cheval, les cloches, les cheminées et leurs tuyaux, la gravure sur bois et la gravure sur acier, les machines à tréfilerie, la fabrication de l'acier, le verre en tables, l'étamage des glaces avec un amalgame de plomb et d'étain, les moulins à vent, à bocarder et à scie ; les moulins à blé et le métier de tisserand furent perfectionnés.

Ces inventions nous donnent une idée du progrès de la

civilisation dans l'Europe occidentale ; c'est à elles et aux découvertes géographiques que se rattachent toutes les conquêtes faites dans le domaine intellectuel au ^{xv}^e siècle. Un commerce florissant se répand des villes de Gènes, de Pise, de Venise et des villes maritimes de la mer du Nord et de la mer Baltique, sur toute l'Europe, et la mettent en communication avec l'Orient, l'Arabie et les Indes ; une industrie étendue dans les villes manufacturières des Pays-Bas, de l'Italie, de l'Allemagne, de la France et de l'Angleterre sort de base à ce commerce. Nous voyons s'élever dans ces villes une bourgeoisie libre, opulente, habile et honnête ; dans son sein se développe, comme une conséquence naturelle des richesses accumulées, la classe intelligente de la société. C'est alors qu'on se mit à continuer l'œuvre de la civilisation antique.

Les premiers efforts de la classe des savants qui commençait à se former furent consacrés à la prise de possession des trésors intellectuels que l'antiquité leur avait légués ; ils eurent à s'instruire eux-mêmes, et tant qu'ils furent écoliers et que la culture grecque et romaine n'eut pas commencé à vivre en eux, c'est-à-dire tant qu'elle ne continuait pas à se développer, leur mission d'instituteurs du peuple resta sans résultats importants ; ils se détournèrent même, et non sans raison, du peuple et de sa langue, car la littérature de leur pays n'offrait guère de productions dignes d'attirer leur esprit nourri des modèles de l'antiquité.

La position aussi bien que l'occupation des savants de cette époque contribuèrent à les exclure entièrement de tout commerce avec la classe productive ; aussi leur littérature ne nous donne-t-elle aucune idée du degré de civilisation intellectuelle et morale du peuple qui restait complètement étrangère aux savants de profession. Ce qui se comprend quand on réfléchit que l'on n'avait pas encore, à cette époque, recueilli dans des volumes toutes les connaissances usuelles qui circulaient dans les masses, s'étaient identifiées avec la pensée populaire, avaient leur origine dans la connaissance de plus en plus répandue des lois physiques, et s'étaient développées en proportion de la masse des idées rectifiées qu'on avait des choses et de leurs rapports entre elles.

L'absence d'une langue littéraire formée, moyen indispensable pour rapprocher la classe intellectuelle et la classe productive, et l'exclusivisme des savants, ne suffirent pas pour arrêter sensiblement ce rapprochement, parce que les maîtres chanteurs remplirent le rôle qui revenait aux savants. C'étaient, en effet, ces meistersängers qui, à la place des savants, travaillaient avec succès, dans leurs écoles de chant, au développement de la propagation de la langue parlée et écrite dans la classe de la bourgeoisie. Jusqu'ici la classe productive n'avait d'autre moyen, pour échanger et accroître ses expériences, que les rapports personnels où elle entraît en voyageant : c'était une classe nomade. Mais l'acquisition du langage littéraire la mit en état de recueillir et de répandre les faits et les expériences ainsi obtenus ; lire et écrire, arts ignorés jusque-là, furent reconnus par les populations des villes surtout, dont l'industrie était incompatible avec une population nomade, comme des moyens de haute importance pour échanger et multiplier leurs connaissances. Le désir de la classe des savants de répandre, par des écoles, la connaissance de l'antiquité, fut tout aussi ardent que le désir de la classe productive de s'instruire. Ces deux besoins augmentèrent la demande de livres ; et la difficulté d'y satisfaire par des copistes donna naissance, au milieu du x^e siècle, à l'invention de l'imprimerie. Un siècle plus tôt elle serait restée sans influence sur le développement intellectuel ; de son apparition date une nouvelle vie dans l'histoire de la culture intellectuelle.

En jetant un coup d'œil sur la littérature du premier siècle après l'impression du premier livre avec des lettres mobiles, on est rempli d'étonnement en voyant l'étendue et l'importance des résultats obtenus dans le domaine des sciences physiques et de la médecine, du nombre prodigieux de faits et d'expériences que le moyen âge avait acquis dans l'astronomie, dans la mécanique, dans l'art du génie, dans les métiers et dans l'industrie, et qu'il avait transmis à la postérité. Ces nouvelles acquisitions furent maintenant recueillies par ceux des élèves intelligents et instruits des écoles savantes qui étaient le plus rapprochés des classes productives, à savoir,

les médecins. Au xvi^e siècle, les médecins furent les fondateurs des sciences naturelles modernes ; ils prirent part à la propagation et à l'accroissement des connaissances de la Grèce ; ils furent les intermédiaires de la culture intellectuelle du peuple.

Mais il s'écoula encore un siècle et demi avant que les connaissances qu'ils avaient acquises et recueillies fussent ordonnées, assez étendues et assez complètes pour servir de moyens d'instruction aux universités. Jusque-là la langue étrangère dont on se servait dans les livres d'érudition et dans l'enseignement, et qui était familière à tous les savants de l'Europe, avait offert l'avantage inappréciable de réunir à la solution de leur haute tâche les hommes de tous les pays de l'Europe qui vouaient leurs forces à la renaissance des sciences. Sans la langue latine, commune à tous les savants, leurs efforts combinés, qui ont été si féconds, auraient été impossibles. Ce n'est que vers le milieu du xviii^e siècle, qu'avec la disparition de cette langue des écoles et de la littérature, tombe la dernière barrière qui séparait la classe intellectuelle de la classe productive. L'une et l'autre, comme dans l'ancienne Grèce, parlèrent le même idiome, s'entendirent mutuellement, car la science, les écoles et la poésie, réunissaient leurs efforts pour répandre dans toutes les classes de la société un degré égal de culture intellectuelle.

Depuis que l'esclavage a disparu de l'ancien monde, et que toutes les conditions nécessaires au développement de l'esprit humain se sont trouvées réunies, la civilisation et la culture intellectuelle ont fait des progrès qui seront infinis, indestructibles et impérissables.

Les sciences naturelles ont subi une transformation dans le cours naturel de leur développement. Pendant quelque temps la plupart des faits dont leur travail intellectuel tirait les notions empiriques, lui avaient été fournis par les métallurgues, les ingénieurs, les pharmaciens, les industriels en général, et elles en avaient analysé les inventions en les transformant en idées, que la classe productive recevait à son tour sous forme d'explications, pour les appliquer à leur industrie.

Dès lors la peur que la théorie inspirait aux gens pratiques

se perd ; l'industriel, le mécanicien, l'agriculteur, le médecin, vont demander conseil au théoricien.

Une nouvelle transformation s'opéra lorsque le savant naturaliste, le professeur de médecine, eurent acquis l'adresse, la dextérité des gens pratiques, et que la classe productive, de son côté, se fut approprié les lois et les principes des sciences établis par les savants. C'est ainsi qu'en poursuivant son but, le savant devient inventeur indépendant, et que l'industriel, l'artisan, l'agriculteur, commencent des recherches indépendantes et parviennent à la liberté d'esprit. L'avenir dépole à nos regards un tableau plein de vie, une activité immense et féconde en résultats. Le passé nous apparaît aujourd'hui sous un autre jour.

Nous considérons la lutte de la scolastique et du clergé du moyen âge contre les sciences naturelles comme des événements sans importance. Leur opposition venait de ce qu'on ne savait pas encore distinguer une doctrine d'un fait. Le pouvoir spirituel et temporel réunis ne purent empêcher, ni l'invention du télescope et du compas, ni la découverte de l'oxygène ; ils n'en purent étouffer l'action sur l'esprit humain. On brûle un livre, mais on ne brûle pas un fait.

La preuve que la terre est une petite planète tournant autour du soleil fit perdre à l'idée qu'on se faisait du ciel son sens primitif, et l'explication du « feu changea l'idée de l'enfer ». La découverte de la pression atmosphérique enleva tout prétexte à la croyance à la sorcellerie et à la magie ; car avec la disparition de « l'horreur du vide », la nature perdit son « vouloir », sa sympathie et sa haine. Ces découvertes rendirent à l'homme la conscience de sa force et de son rôle dans l'univers.

Quant à la scolastique, Aristote et Platon seraient-ils sortis vivants de leurs tombeaux pour enseigner dans les écoles scolastiques, ils n'auraient pu contribuer à augmenter les connaissances, faute de nouvelles idées d'observation. La logique des scolastiques et la gymnastique fondée par elle furent ce qu'il y eut de plus conforme à leur époque et à l'avenir. La position hostile qu'ils occupaient par rapport aux sciences physiques resta sans influence sur le progrès.

La puissance des États et celle de l'Église se fussent-elles alliées aux sciences physiques, elles n'en auraient pu avancer d'un seul pas le progrès ; elles ne se seraient développées ni plus tôt ni d'une autre manière.

Si quelqu'un voulait calculer l'influence que Luther a exercée sur notre époque et notre point de vue, soutenu qu'il était par les grandes découvertes de son temps dans le domaine de la nature, et l'influence que ces découvertes auraient produite sans Luther, il en résulterait une somme bien curieuse.

Nous savons maintenant que les idées des hommes se développent d'une manière organique, d'après de certaines lois de la nature et de l'esprit humain ; nous voyons l'arbre de la connaissance humaine, planté par les Grecs, croître et se développer sans cesse sur le sol cultivé de la civilisation ; nous le voyons fleurir sous la lumière de la liberté et porter des fruits à l'heure voulue. Nous avons appris qu'une force extérieure peut bien plier ses branches, mais ne saurait les briser, et que ses racines délicates et innombrables sont si profondément cachées, qu'il peut poursuivre sans bruit sa constante croissance, soustrait qu'il est à la volonté arbitraire de l'homme.

• L'histoire du passé nous instruit sur les efforts impuissants des gouvernements politiques et ecclésiastiques pour conserver l'esclavage physique et intellectuel des hommes ; l'histoire de l'avenir nous racontera les victoires de la liberté que les hommes ont remportées en recherchant l'origine des choses et la vérité, victoires obtenues par des armes qui ne sont pas tachées de sang et dans un combat où la morale et la religion n'auront été que de faibles alliées.

)

INDUCTION ET DÉDUCTION

DANS LES SCIENCES

On a généralement des idées si erronées et si incomplètes sur la nature du procédé intellectuel employé dans les investigations des sciences expérimentales, qu'il n'est peut-être pas sans intérêt de compléter et d'expliquer les vues que j'ai exposées, il y a déjà quelque temps, dans mon Discours sur Francis Bacon de Vérulam (1).

Les philosophes admettent, en général, deux méthodes dans l'étude des phénomènes et dans la recherche des lois de la nature, l'induction et la déduction. Suivant eux, l'une et l'autre ne sont que des voies diverses menant au même but ; elles ne diffèrent que par leur point de départ : la méthode déductive procède du général, la méthode inductive du particulier ; quand les deux méthodes se trouvent réunies, c'est l'induction qui précède la déduction. Nous ne saurions mieux faire comprendre l'essence de l'induction, telle que la comprenait Aristote, qu'en nous servant, pour exemple, d'un syllogisme fondé sur l'induction qu'il nous donne lui-même :

L'homme, le cheval, le mulet, etc., vivent longtemps.

(1) Ce discours, qui a été traduit dans toutes les langues de l'Europe, a eu un grand retentissement et a soulevé de véritables tempêtes, surtout en Angleterre. M. de Liebig a répondu aux nombreuses protestations des défenseurs de Bacon dans une série d'articles. Toutes ces études sur le philosophe anglais, dont la réputation est si complètement usurpée, s'il faut en croire M. de Liebig, ont été traduites en français par M. de Tchihatcheff et recueillies dans un petit volume (Paris, L. Guérin, 1866). L'éminent savant les a aussi accompagnées d'une remarquable introduction et de notes intéressantes.

L'homme, le cheval, le mulet, etc., ont peu de bile. Donc, tous les animaux qui ont peu de bile vivent longtemps.

Cette façon de conclure, si l'on veut l'appeler ainsi, est familière au savant ; mais ce qu'on appelle ici conclusion n'est pour lui que la perception de l'existence simultanée de deux phénomènes ; l'absence de bile est un fait qui accompagne la longévité, mais qui n'en est point la cause pour cela. Ce fait est la partie d'un tout, et non la conséquence des deux prémisses dans un syllogisme. Que l'on substitue simplement au terme moyen de bile un autre phénomène simultané et particulier à certains animaux, celui-ci par exemple :

Les chevaux, les mulets, etc., vivent longtemps.

Les chevaux, mulets, etc., ont peu de bile, ont du glycogène dans la chair, n'ont pas d'acide urique, ont de l'acide hippurique...

et l'on remarquera aussitôt que les rapports établis entre ces phénomènes et la longévité sont tout à fait arbitraires et ne sont nullement fondés sur une opération de l'intelligence.

Pour expliquer un phénomène de la nature, le naturaliste cherche à établir des rapports entre les parties qu'il aperçoit. Il est évident qu'en observant deux faits qui accompagnent invariablement le même phénomène, il part tout d'abord de la supposition que l'un est la condition de l'autre, ou que l'un dépend de l'autre. Mais ce n'est qu'une idée qui, au lieu de se fonder sur une raison suffisante, repose uniquement sur une observation, et qui peut indifféremment se présenter ou ne pas se présenter à l'esprit de tout le monde.

Aristote définit l'induction, la voie qui conduit du particulier au général, puisque, selon lui, les sciences naturelles ont à s'occuper d'abord de la connaissance des phénomènes, et ensuite de leur explication ; mais il est évident qu'en ce sens il ne considère point l'induction comme une méthode, mais comme une règle, une habitude des recherches scientifiques.

Il est clair que si l'on connaissait toutes les forces physiques et leurs lois, toutes les choses, leur nature, leur manière d'être, leurs propriétés, on procéderait simplement par la méthode déductive pour observer ou pour expliquer un phé-

nomène ; chaque cas isolé pourrait alors se résoudre par des conclusions de l'intelligence.

Supposons qu'il faille expliquer la production de la rouille au contact de l'air. L'examen préalable de la rouille démontre qu'elle contient du fer, de l'oxygène et de l'eau ; de plus, la composition de l'air est connue. Les éléments nécessaires pour expliquer la formation de la rouille sont à notre disposition : mais l'expérience prouve que le fer exposé à l'oxygène ne se rouille pas en présence de vapeur d'eau ; il faut donc qu'outre l'oxygène et la vapeur d'eau, il y ait encore un autre élément de l'air pour que la rouille puisse se former. Or, il est connu que l'air contient de très-petites parties d'acide carbonique. L'expérience démontre que la moindre parcelle d'acide carbonique, en présence d'une quantité suffisante d'oxygène, suffit pour transformer en oxyde une grande masse de fer ; mais la rouille ne contient pas d'acide carbonique. Il s'agit donc de savoir quelle est la part de cet acide dans la série de faits qui constitue la rouille. Un autre fait connu complètera l'explication. Le carbonate de fer attire l'oxygène de l'air humide, et devient un oxyde plus élevé, le sesquioxyde, lequel n'entre pas en combinaison avec l'acide carbonique ; quand le métal se rouille, il se forme d'abord l'oxyde inférieur qui se combine à l'acide carbonique, et celui-ci devient, par la transformation du protoxyde en sesquioxyde, libre et capable d'exercer de nouveau deux fois, cent fois de suite, son action primitive sur le métal, de sorte que peu à peu tout le morceau de fer passe à l'état de sesquioxyde. L'expérience démontre de plus qu'il y a un cas particulier où le fer exposé à l'air humide se rouille malgré l'absence de l'acide carbonique, c'est-à-dire quand l'air contient de l'ammoniaque ; mais alors l'oxydation n'est pas continue. On sait enfin que la rouille du fer est accompagnée de phénomènes d'électricité.

C'est à cet ordre d'expériences qu'appartient celle du docteur Wells sur la formation de la rosée. Que la rosée fût de l'eau précipitée de l'atmosphère et se formât par refroidissement, personne n'en doutait ; on ne doutait pas non plus de ce qu'il existe deux sortes de refroidissement. Le problème à

résoudre fut celui-ci : Quelle est la cause du refroidissement, la transmission par contact ou le rayonnement ? Ce problème pouvait être résolu au moyen d'observations et d'expériences fondées sur des lois connues. L'observation a montré que la rosée se dépose souvent quand il fait clair de lune, mais qu'elle est aussi fréquente quand il n'y en a pas ; que tous les corps, lors même qu'ils se trouveraient placés les uns à côté des autres, ne se couvrent pas d'une quantité égale de rosée ; les corps polis en attirent moins que les corps mats ou rugueux ; qu'en été la rosée tombe souvent au lever du soleil, en automne à son coucher ; qu'il n'y a pas de rosée sous les arbres, ni sous les toits en saillie, ni quand le ciel est couvert ; qu'elle tombe seulement quand le ciel est pur et l'air calme.

Appuyée sur ces faits et sur les lois connues de la chaleur rayonnante, l'intelligence tire la conclusion que c'est le refroidissement de la surface de la terre, s'opérant à la suite d'une perte de chaleur par rayonnement, qui est la cause principale de la formation de la rosée. C'est en rapprochant de cette observation l'état de la vapeur d'eau dans la couche d'air qui couvre la surface refroidie de la terre, qu'elle explique, non-seulement tous les cas où la formation de la rosée a lieu ou n'a pas lieu, mais encore une quantité d'autres phénomènes produits par la même cause, tels que la formation de la gelée blanche, la congélation des arbres au printemps, sans que le thermomètre placé dans l'air à une certaine distance de la terre soit tombé à zéro, etc. Les expériences faites par M. Wells, — celle, par exemple, qu'un thermomètre placé pendant la nuit au foyer d'un miroir concave tourné contre un ciel pur, tombe au-dessous de la température de l'air ambiant, — sont de simples conclusions tirées de l'idée à laquelle l'ont conduit ses observations.

Aucune difficulté extérieure ne s'oppose aux observations de ce genre ; il ne faut, pour les mener à fin, que des connaissances et une juste appréciation des circonstances. Elles sont rares, parce que, pour la plupart de ces recherches, le savant ne trouve pas préparés d'avance les matériaux intellectuels qui sont nécessaires à une opération de sa pensée ; aussi remarquera-t-on que ces observations, tout en augmen-

tant et en précisant nos connaissances de la nature des phénomènes et de leur raison d'être, n'étendent en rien les limites de la science.

Dans la plupart de ses recherches, le savant rencontre des obstacles qu'il ne saurait écarter, quand même il disposerait en même temps et du fonds entier des connaissances déjà acquises par la science, et du jugement le plus parfait. Or, ces obstacles ce sont des faits ou des phénomènes nouveaux qu'il rencontre et qui se rattachent à des lois inconnues, lois inaccessibles encore à l'intelligence, faute des faits qui seraient nécessaires pour servir d'intermédiaire entre les phénomènes et nos conceptions. Pour faire des recherches de ce genre, le savant doit posséder une autre faculté, faculté qui caractérise essentiellement le poète, celle de l'imagination.

La somme de ce que nous savons de la nature et de ses lois est en effet excessivement petite, comparée à ce que nous n'en savons pas, et les savants de notre époque se trouvent, la plupart du temps, dans la position où se trouvaient les savants du xvi^e siècle, en face de faits alors inaccessibles à leur esprit et qui nous sont familiers aujourd'hui. Il nous manque, comme ils manquaient alors à eux, les faits devenus concepts, qui sont nécessaires pour le procédé déductif; or, qu'un seul fait vienne à lui manquer, et l'esprit se trouvera en face d'une lacune qu'il ne saura remplir. Autrefois c'était l'imagination qui y suppléait; aujourd'hui on ne veut plus de ce moyen dans les explications scientifiques.

L'avantage que nous avons sur les savants d'autrefois ne dépend donc nullement d'une faculté de pensée plus élevée, ni de sens plus développés, mais d'un plus grand fonds de faits ou d'expériences, devenus concepts, c'est-à-dire de l'augmentation des matériaux nécessaires aux opérations de l'intelligence.

Cette manière de voir ne soulèvera probablement pas de doute; mais peu de personnes seulement ont une idée nette de la source qui nous fournit ce fonds toujours croissant de matériaux intellectuels.

En jetant un regard en arrière sur l'histoire des sciences appelées sciences inductives, on reconnaîtra aussitôt que,

pendant des siècles, elles portaient le caractère d'un art. L'astronomie et la mécanique jusqu'à Newton, une partie de la physique jusqu'à Galilée, la chimie jusqu'à Bergmann, furent des arts. Boerhaave définit la chimie, *Ars docens exercere certas physicas operationes*.

L'art et la science diffèrent essentiellement par la diversité du but qu'ils se proposent : le but de l'art, c'est la recherche ou l'invention de faits ; celui de la science, l'explication de faits (il va sans dire qu'ici le mot d'*art* ne veut pas dire les beaux-arts). L'artiste veut atteindre un but, l'expérimentation est à la recherche d'une chose ; des faits isolés, il cherche à trouver le lien. L'homme de science, au contraire, cherche une cause ; il part de la conception de l'ensemble pour en suivre les parties jusqu'à ce qu'il soit remonté à leurs racines.

L'artiste ignore l'existence d'une cause et n'a pas besoin de la connaître ; on comprend donc que ce qui se passe dans son esprit n'est point une opération de l'intelligence. Le trait caractéristique de sa manière de penser est qu'il pense en phénomènes matériels. L'artiste qui procède par induction s'y prend absolument de la même façon que l'intelligence qui examine les concepts, en mesure, fixe et consolide pour ainsi dire la valeur, de manière à les approprier aux opérations inductives. Il tâte de même le phénomène par tous ses sens, dirige sa faculté de percevoir, tendue par la volouté, sur les phénomènes, en examine chacun séparément à l'exclusion de tous les autres ; et c'est ainsi que son imagination se forme une image distincte et déterminée de la chose entière, semblable à l'idée abstraite qui renferme l'essence d'une chose ou d'un phénomène. Une teinte bleue, noire ou jaune, ou la formation d'un précipité blanc qui se dissout ou ne se dissout pas dans certains acides ou alcalis, réveillent, dans l'esprit du chimiste, l'idée du fer, de l'iode, de la potasse, de la magnésie, de l'acide sulfurique, de l'acide muriatique, etc., mais d'un fer idéal, d'un iode idéal, d'un acide sulfurique idéal, absolument différents de l'idée qu'on rattache à ces choses dans la vie ordinaire.

C'est la combinaison de concepts justes qui conduit l'intelligence à des conclusions d'une vérité purement abstraite ;

les combinaisons de l'artiste, au contraire, sont concrètes ou perceptibles par les sens, tangibles pour ainsi dire.

C'est ce travail particulier de l'esprit où l'imagination joue le rôle principal qui constitue l'idée que je voudrais attacher au mot d'induction, et je ne crois pas me mettre par là en contradiction avec Aristote. Ce qu'on appelle communément induction n'est autre chose que le procédé logique ordinaire qui, à lui seul, est parfaitement insuffisant pour faire arriver, et incapable de conduire, à la découverte d'un *fait*. L'induction, dans le sens que nous lui donnons ici, est la logique des sens ou des perceptions qui gouverne et dirige les opérations de l'expérimentateur.

Il n'est pas facile de donner une notion précise des opérations d'esprit de l'expérimentateur ; elles consistent, comme je viens de le dire, dans la combinaison de faits ou de phénomènes qui ont entre eux un rapport semblable à celui qu'ont entre elles les conceptions logiques qui dirigent l'intelligence dans ses conclusions. Des faits ou réactions connus, l'expérimentateur conclut à l'existence d'autres faits ignorés encore, et sa conclusion est à son tour un fait ou une réaction. Ce qui pourrait peut-être le mieux se comparer à ce penser chimique ou physique, c'est la faculté particulière du compositeur de musique de penser en sons.

Dans les sciences expérimentales, la logique de l'explication d'un phénomène, ou la justification d'une opinion, reposent sur des faits liés entre eux comme des articulations ou comme les anneaux d'une chaîne. Quiconque veut se donner la peine de suivre une recherche de physique ou de chimie, reconnaîtra aussitôt que la plupart des faits qui servent de preuves ou d'explication au savant ne se rencontrent pas dans la nature, mais que le naturaliste les a trouvés ou inventés. Il se voit forcé de chercher, au moyen de l'induction, c'est-à-dire par des combinaisons de l'imagination, les faits qui lui manquent pour son procédé déductif ou pour les opérations de son intelligence. Son travail consiste à faire réagir les uns sur les autres, suivant les règles de l'art d'expérimenter, les moyens ou les choses qui lui paraissent propres à ses desseins, et à conclure ensuite, des réactions ou des phéno-

mènes qui se produisent, à l'existence ou à la non-existence du fait cherché. Il fait une série d'expériences dont le résultat donne la direction à sa déduction.

La difficulté qu'il rencontre, c'est l'ignorance complète où il est de la route qui doit le conduire aux faits qu'il cherche ; car, s'il connaissait cette route, des conclusions de son intelligence l'y conduiraient. Il est donc obligé de s'en tenir uniquement aux phénomènes que lui fournissent ses expériences, ces phénomènes étant les signes qui dirigent les combinaisons de son imagination.

La curieuse découverte, faite par Schœnbein, de l'oxygène ozonisé au moyen d'un procédé chimique, nous offre un des exemples les plus simples du procès inductif.

Schœnbein avait trouvé que lorsqu'il se produit des étincelles électriques dans l'air atmosphérique, celui-ci reçoit de nouvelles propriétés. La plus remarquable de ces propriétés est celle qui consiste en ce qu'un grand nombre de corps, l'argent, par exemple, s'oxydent dans l'air électrisé, tandis que l'oxygène n'exerce aucune influence sur ces corps dans un air qui n'est pas électrisé.

Or, comment Schœnbein a-t-il conçu l'idée que le phosphore, en s'oxydant lentement, pût produire sur l'air un effet analogue à celui de l'étincelle électrique ? Cette conclusion se fonde sur ce que l'air, après avoir été électrisé, sent le phosphore, ou qu'à l'air le phosphore a exactement l'odeur de l'air électrisé. Schœnbein avait trouvé que ce qui sentait dans l'air était la cause des effets dont nous avons parlé. L'analogie d'une propriété matérielle, de l'odeur, fit donc conclure à la formation et à l'existence d'une chose identique, l'ozone, dans deux phénomènes complètement différents par leur origine. Si l'intelligence avait présidé à cette association d'idées, la découverte n'aurait probablement pas été faite ; car la formation d'une chose possédant au plus haut degré des propriétés oxydantes à côté d'un corps qui, comme le phosphore, est au plus haut degré oxydable, furent deux faits inconciliables pour l'intelligence, avant la découverte de l'ozone.

Une des plus grandes découvertes de Faraday nous fournira un autre exemple d'une induction plus complexe. Ørsted

avait aimanté des barres de métal au moyen d'un courant électrique; Faraday se posa le problème inverse de produire une étincelle ou un courant électrique au moyen d'un aimant. Il s'agissait de produire un phénomène; mais la loi et les moyens pour le trouver n'étant pas connus, le problème ne pouvait être résolu que par le procédé de l'artiste, c'est-à-dire par l'induction. Et ce ne fut qu'après la découverte du phénomène et de ses rapports qu'on put procéder à son examen par déduction. Ceci nous fait comprendre la différence entre le travail par induction de Faraday et le travail par déduction de M. Weber. Faraday cherchait la « chose », s'il est permis de se servir ici de cette expression; Weber, la « cause » ou la « loi ». J'ai entendu critiquer les traités de Faraday par des physiciens mathématiciens. Le style en est obscur et illisible, disent-ils; ils ressemblent à des résumés de journal. Mais la faute en était aux critiques eux-mêmes. Sur les physiciens qui ont passé par la chimie, et non par les mathématiques, pour arriver à la physique, les traités de Faraday font, au contraire, l'impression d'une belle et admirable musique.

L'invention de la machine électrique, de l'électrophore, de la bouteille de Leyde, de la pile voltaïque, les trois lois de Kepler, ont été acquises par des combinaisons de l'imagination. Il en est de même des procédés qu'on emploie pour l'extraction des métaux, procédés qui sont des plus compliqués, comme ceux de l'extraction du fer, du plomb, du cuivre, etc., de leurs minerais. La transformation du fer en acier, du cuivre en laiton, celle de la peau en cuir, de la graisse en savon, la transformation du sel de cuisine en sous-carbonate de soude, et mille autres inventions de ce genre sont dues à des gens qui n'avaient aucune idée, ou du moins des idées très-fausse de la nature des choses ou des phénomènes auxquels se rattachaient leurs combinaisons d'idées.

L'intelligence n'est pour rien dans l'association des idées qui ont conduit le fabricant de cuir à gants sur les clochers des villes pour y recueillir les excréments des choucas (corvidés) et des corneilles, dont il se sert pour la préparation des peaux. Ce n'est pas non plus l'intelligence qui a donné au tein-

curier l'idée d'utiliser les excréments des vaches comme mordant ou comme moyen de fixer les couleurs sur les étoffes, ou qui a fait trouver au mineur des plateaux de l'Amérique, pays où les matières combustibles sont très-rares, le procédé merveilleux d'extraire l'argent du minetai au moyen de la voie humide.

On sera fort étonné d'apprendre qu'il n'y a que peu d'années que l'on connaît la nature du verre, du savon, du cuir; de même on continue aujourd'hui encore les travaux qui pourront conduire à l'explication de ce qui se passe dans les fournaies pendant la préparation du sous-carbonate de soude.

Je citerai un dernier exemple pour rendre bien clair le procédé par induction dans les opérations techniques, je veux parler de la photographie. La nature des faits qui ont lieu lors de la reproduction d'images au moyen de la lumière n'a pas encore trouvé son explication.

La photographie repose sur deux faits, savoir : les sels d'argent, comme le chlorure, le bromure, l'iodure d'argent, noircissent sous l'action de la lumière; les combinaisons d'argent non noircies sont dissolubles dans une solution d'hypo-sulfite de soude, de sorte que, par l'intermédiaire de ce sel, les combinaisons noircies peuvent être séparées de celles qui ne le sont pas.

Ces deux faits furent le point de départ de Daguerre à Paris, et de Talbot à Londres. Le premier cherchait à produire des images sur des plaques de cuivre argentées, l'autre sur du papier. Talbot avait trouvé par ses expériences qu'une feuille de papier recouverte ou imprégnée de chlorure d'argent ou d'iodure d'argent, placée dans la chambre noire de manière à pouvoir recevoir l'impression d'une image, conserve cette image après avoir été exposée à une action continue de la lumière. Les parties fortement éclairées avaient une teinte noire plus ou moins forte, selon l'intensité de l'action de la lumière; les châssis d'une fenêtre, par exemple, réfléchissaient moins de lumière sur le papier que les vitres, les pierres foncées moins que les pierres claires; les parties obscures de l'objet étaient devenues les plus claires, et réciproquement : il se dessinait sur le papier ce qu'on nomme l'image négative. En lavant

ensuite le papier dans une solution d'hyposulfite de soude, on faisait disparaître le chlorure d'argent qui n'avait pas subi l'action de la lumière ; sans cette précaution tout le papier serait devenu noir sous l'influence de la lumière, et l'image aurait entièrement disparu. Ce sel fut donc le moyen de fixer l'image. Les premières images que Talbot avait produites furent bien imparfaites ; leur reproduction exigeant une action prolongée de la lumière, on ne put obtenir que les images d'objets immobiles.

Les expériences de Daguerre furent la cause du perfectionnement du procédé de Talbot. Daguerre exposa ses plaques argentées à l'action de vapeurs d'iode, et les recouvrit ainsi d'une couche excessivement mince d'iodure d'argent. Des expériences de plusieurs mois, répétées de toutes les manières, restèrent sans résultat. Le hasard, dans le sens propre du mot, vint à son aide. Daguerre avait placé un certain nombre de plaques dont il s'était servi pour ses expériences à la chambre noire, dans une vieille armoire, où elles étaient restées enfermées pendant plusieurs semaines sans qu'on y fit attention. Lorsqu'un jour il prit dans l'armoire une de ces plaques, il aperçut à son très-grand étonnement une image dont les moindres détails se dessinaient avec une extrême netteté. Il n'eut aucune idée de la manière dont elle avait pu se produire, mais quelque chose dans l'armoire l'avait sans doute fait paraître. Il s'y trouvait toutes sortes de choses : des instruments, des appareils, des réactifs chimiques, parmi lesquels un bassin avec du mercure métallique. Daguerre retira alors de son armoire tous ces objets, excepté le mercure. Il paraissait alors des images toutes les fois qu'il enfermait dans cette armoire une de ces plaques qui avaient préalablement reçu une image dans la chambre noire. Il ne songea pas au mercure, la vieille armoire lui parut ensorcelée ; à la fin seulement il lui vint à l'esprit que c'était le mercure qui produisait l'image : il se trouva que c'était ce qu'on appelle une image souflée. Si l'on dessine une figure avec une pointe de bois sur une plaque de verre bien polie, l'œil le plus exercé ne sera pas capable de distinguer les lignes ; mais elles paraîtront aussitôt que l'on aura soufflé sur le dessin, parce que la con-

densation de vapeur d'eau, se déposant en gouttelettes très-fines, s'opérera d'une façon inégale, selon qu'elle rencontrera les parties du verre où la pointe a passé ou celles où elle n'a pas touché.

Telle est l'origine des images de Daguerre. Le mercure est volatil, sa vapeur s'est répandue dans l'armoire et s'est déposée sous forme de gouttelettes sur les plaques ; la couche de mercure était plus épaisse sur les parties fortement éclairées que sur celles qui l'étaient moins, de sorte que les contours et les ombres de tous les objets se distinguaient nettement. Je n'entrerai pas ici dans la description du perfectionnement de l'appareil optique, ni dans celle de l'opération chimique qui a pour but de rendre durables et inaltérables les images de Daguerre en ajoutant de l'or à l'amalgame de mercure et d'argent de la plaque. Je reviens aux images sur papier, et je parlerai d'abord de l'influence que les découvertes de Daguerre ont exercée sur le perfectionnement du procédé de Talbot.

Daguerre avait trouvé qu'il suffisait d'exposer pendant quelques secondes ses plaques préparées à l'action de la lumière pour obtenir une image au moyen de vapeurs mercurielles. Talbot, qui employait sur son papier les mêmes matières dont Daguerre recouvrait ses plaques, supposait que la lumière, qui avait éclairé pendant des secondes le papier dans la chambre noire, devait avoir produit une impression ; il était convaincu de l'existence d'une image sur le papier, quoiqu'on ne pût en apercevoir la moindre trace. Cette conviction le poussa à chercher un moyen pour rendre l'image visible ; il fallait qu'il existât quelque chose pour la faire paraître.

Or, comment se fait-il que Talbot ait eu l'idée d'employer l'acide gallique pour atteindre son but ?

La plupart des gens attribuèrent la résolution de cette question au hasard, comme cela avait eu lieu pour les images de Daguerre. Mais le choix de l'acide gallique ne fut point un hasard. Ce n'était pas pour ses expériences que Daguerre avait mis le bassin rempli de mercure dans son armoire ; ses images s'étaient produites sans sa coopération. Talbot, au contraire, cherchait un moyen pour arriver à un but déter-

miné : son imagination rejeta instinctivement parmi des milliers de matières celles qui n'avaient pas de rapports avec son but ; il s'arrêta à celles qui exerçaient un effet semblable à celui de la lumière. La lumière et l'acide gallique chauffé noircissent les sels d'argent ; leur action est identique, mais celle de l'acide gallique est plus forte. La lumière du soleil avait agi sur le papier préparé dans la chambre noire, mais l'effet avait été trop faible pour être apparent. Peut-être, pensa-t-il, pourrait-on prolonger et augmenter cette action au moyen de l'acide gallique. L'expérience réussit et témoigna de la vérité de l'induction.

Après ces exemples, la nature de l'induction sera compréhensible à tout le monde. On aura remarqué qu'il importait peu à Talbot et à Daguerre de connaître la cause de ce qui se passait pendant leurs expériences, de savoir de quelle manière la lumière et l'acide gallique agissent sur les sels d'argent, et sur quoi repose la dissolution des sels d'argent dans l'hyposulfite de soude.

Les combinaisons d'idées de l'imagination n'existent naturellement pas pour ceux qui les ignorent ; et ces personnes sont presque toujours disposées à attribuer au hasard les inventions nées des conclusions les plus ingénieuses de l'imagination. Le hasard y est sans doute pour beaucoup, comme il fournit d'ailleurs tout aussi fréquemment à l'esprit les éléments nécessaires pour ses conclusions. Mais faire des expériences est un art qui a ses règles et qui veut être appris ; un art dont les résultats supposent une connaissance étendue de faits et de phénomènes matériels ; cela prouve qu'il repose sur un travail particulier de l'esprit auquel l'intelligence participe en qualité de spectateur, souvent aussi en qualité de conseiller et de coopérateur, mais sans jamais diriger ces combinaisons et sans qu'elles dépendent d'elle.

Dans la science tout aussi bien que dans la vie ordinaire, les opérations de l'esprit ne s'accomplissent pas selon les règles de la logique ; bien au contraire, l'idée d'une vérité, l'opinion qu'on a sur un phénomène ou une cause, précèdent ordinairement la démonstration : ce n'est pas par les pré-

misses qu'on arrive à une conclusion, c'est la conclusion qui précède, et les prémisses lui servent ensuite de preuves.

Dans une conversation sur la part que prend l'imagination aux travaux scientifiques, un éminent mathématicien français m'exprimait l'opinion que la plus grande partie des vérités mathématiques ne sont pas acquises par déduction, mais par l'imagination ou par voie empirique ; il y comptait même les propriétés des triangles, de l'ellipse, etc. En d'autres termes, le mathématicien, tout aussi bien que le naturaliste, doit posséder des qualités de l'artiste pour rendre des services efficaces à la science.

Pour être fécondes, les recherches par induction aussi bien que celles par déduction supposent un certain fonds de connaissances. Le savant qui suit la méthode déductive doit posséder une connaissance approfondie des lois déjà découvertes, et il l'obtient au moyen de leçons ou de livres ; le savant qui procède par induction a besoin de connaître un grand nombre de phénomènes matériels, et ce sont les laboratoires de chimie, de physique et de physiologie qui lui en offrent l'occasion. On sait que les laboratoires, comme établissements d'enseignement, sont d'une création moderne, et leur puissante influence sur toutes les branches du savoir qui se rapportent aux sciences naturelles est assez sensible pour l'observateur, pour qu'il soit inutile d'insister sur ce point.

La connaissance des phénomènes matériels de la nature et des choses ne suffit pas au savant qui procède par induction, pour remplir sa tâche. Il lui faut encore la mémoire des phénomènes, la mémoire de la vue, du goût et de l'odorat, et de plus une certaine habileté ou adresse. Une connaissance étendue de faits, c'est-à-dire une grande expérience, lui facilite beaucoup son travail ; l'homme expérimenté fait bien moins d'expériences que l'homme inexpérimenté, qui est obligé de se procurer d'abord un grand nombre de phénomènes, déjà familiers à l'autre : celui-ci, pour atteindre son but, n'a pas besoin de faire beaucoup d'expériences, la combinaison des faits ou des phénomènes qu'il connaît lui suffit.

Le savant qui procède par induction et celui qui procède par déduction ont le même point de départ. L'un et l'autre

partent d'une idée complexe de l'intelligence ou de l'imagination, qui ordinairement n'est vraie que dans quelques parties, tandis que les autres parties reposent sur des conclusions ou des combinaisons erronées. Pour trouver la vérité, le savant qui procède par déduction essaye et expérimente avec les concepts abstraits exactement comme le savant procédant par induction fait avec des idées matérielles pour trouver la chose cherchée. Tous deux rejettent, pendant le travail, en examinant et en corrigeant, les parties fausses de leur idée, et finissent par trouver les parties nécessaires pour pour compléter l'idée qui servait de point de départ à leur recherche. Cette idée est souvent complètement fautive d'abord, et ce n'est que dans le cours des recherches qu'on trouve l'idée juste. De là l'opinion de beaucoup de savants éminents que le travail fait tout, et que toute théorie conduit aux découvertes, pourvu qu'elle excite au travail.

Dans la recherche déductive, c'est la conviction de la vérité d'une idée (résultante) qui excite l'activité de l'intelligence du savant. De même la conviction de l'existence d'une chose est la condition la plus importante pour réveiller l'imagination de l'expérimentateur. La découverte d'un fait ou d'une chose ignorée jusqu'à présent, et qui pourrait être utile à l'industrie ou à la vie, suffit pour faire naître dans beaucoup d'individus la conviction de l'existence de cette chose ; et il arrive assez souvent, en effet, qu'elle est trouvée simultanément par plusieurs personnes.

L'intelligence et l'imagination nous sont également nécessaires pour obtenir des connaissances : elles jouent un rôle également important dans la science ; elles ont toutes deux une part déterminée à tous les problèmes de la physique et de la chimie, de la médecine et de l'économie politique, de l'histoire et de la linguistique ; elles occupent chacune une certaine place dans le domaine de ces sciences. La part dominée par l'imagination est d'autant plus vaste et plus étendue, que les limites des connaissances positives de l'intelligence sont plus indéterminées et indistinctes. Le progrès consiste en ce que l'augmentation des connaissances fait disparaître les idées nées de l'imagination ; l'imagination, qui a plein

pouvoir dans les premières périodes de la science, se soumet plus tard à l'intelligence et en devient l'utile et docile servante.

L'induction, dirigée par l'imagination, est intuitive et créatrice, mais vague et sans mesure; la déduction, qui est sous la direction de l'intelligence, analyse et précise, elle est déterminée et pleine de mesure.

La mesure est un des caractères essentiels de la déduction dans les sciences naturelles, et le but de tous ces travaux est de trouver une expression numérique invariable pour les propriétés des choses, des faits et des phénomènes. L'imagination compare et distingue, mais elle ne mesure pas; car, pour mesurer, il faut une mesure, et la mesure est un produit de l'intelligence.

L'intervention de la science dans un art a l'avantage inappréciable de le détruire comme tel, c'est-à-dire de détruire ce qu'il y a d'individuel en lui. La science décompose l'art en règles qu'on peut enseigner et apprendre, dont la connaissance met l'esprit le plus faible en état de concourir, dans les métiers, dans l'industrie, l'agriculture et la mécanique, avec le praticien le plus capable, le plus habile et le plus expérimenté, qui atteint son but par le chemin le plus court, le plus sûr et le plus économique. Ce qui fut autrefois la propriété d'un individu est dès lors le bien commun de tous.

ADDITIONS A L'ÉDITION ANGLAISE DU PREMIER
DES DEUX DISCOURS.

Page 5, ligne 34 : Il est évident que lorsqu'une seule propriété d'un corps est inconnue, un certain nombre de phénomènes qui s'y rapportent, ou dont la manifestation dépend de cette propriété inconnue, ne peuvent être intelligibles, et il en résultera qu'au lieu d'une idée juste et correcte, conçue par l'intelligence, il se présentera une idée créée par l'imagination. C'est ainsi que, il y a vingt-cinq ans, les propriétés communiquées à l'oxygène par son *ozonisation*, au moyen de l'action électrique ou par le contact avec du phosphore humide, n'étaient pas comprises dans l'idée qu'on se faisait de la nature de l'oxygène; et il s'ensuivait, comme une conséquence toute naturelle, que l'auteur de la découverte attribua les effets qu'il observait à la production d'un corps analogue au chlore, parce que cet élément possédait des propriétés analogues.

Page 6, ligne 17 : L'investigateur scientifique est toujours susceptible de mêler à ses propres observations quelques-unes des idées de son temps, que sa génération considère comme vraies quoiqu'elles ne le soient pas. Elles forment une partie de son procédé de penser; et c'est là ce qui rend ses conclusions incertaines, sans qu'il en sache les causes, et allonge considérablement le chemin qu'il a à parcourir avant qu'il puisse acquérir des idées correctes sur le monde extérieur.

Page 11, ligne 8 : Dans le cours du développement des idées scientifiques, chacune de ces idées a sa valeur, en tant qu'elle se rattache à l'expérience de l'époque; car c'est par là que chacune d'elles devient utile à l'esprit dont elle développe le procédé logique. La question de la justesse d'une idée n'est prise en considération que plus tard; et il arrive souvent alors que quelques-unes des idées qui, à une époque antérieure, avaient été comptées parmi les plus nécessaires et les plus importantes, disparaissent complètement et sont remplacées

par d'autres qui, à leur tour, après un certain laps de temps, partagent le sort de celles qui les ont précédées. L'idée d'un feu élémentaire a été remplacée par celle de *sulphur*; la théorie du *phlogiston* succéda à celle du soufre; on pensa ensuite que le feu était causé par l'*oxygène*, et nous croyons aujourd'hui que la lumière et la chaleur, qui s'y manifestent, sont la conséquence de l'*action chimique* et d'autres forces naturelles.

Page 11, ligne 16 : Notre idée actuelle, d'après laquelle la pesanteur est innée, inhérente et essentielle à la matière, semblait à Newton une si grande absurdité, qu'il « ne pouvait croire possible à quiconque avait une capacité moyenne de pensée philosophique, de tomber dans une pareille erreur »; et en rejetant la doctrine de Newton, d'après laquelle les corps célestes sont mus par la composition d'une force centripète avec une force projective originale, le grand Leibnitz disait que rien ne pouvait faire tourner un corps autour d'un centre distant, à moins d'un mécanisme impulsif ou d'un miracle; « qu'il mît un ange à ses trousses ».

ERRATA : — Page 15, ligne 15, mettez : à la rapine, au lieu d'extraction des mines.

